

圧縮フランジ荷重伝達型十字継手ルートき裂に関する実験的研究

石川島播磨重工業 正会員 ○猪瀬幸太郎
 石川島播磨重工業 荒川 幸次
 石川島播磨重工業 正会員 中西 保正

1. はじめに

これまで鋼構造物の圧縮フランジの疲労破壊リスクは引張フランジに比べ低いと考えられてきた。しかし近年圧縮フランジの溶接部において多数の疲労損傷が確認されるに至り、その補修延命が急務となっている。圧縮フランジの溶接線において疲労き裂が発生する要因としては溶接による引張残留応力が挙げられる事が多い。しかしこのような現象を対象とした研究は少なく、予寿命予測や補修のためのデータは十分に蓄積されていない。そこで荷重伝達型十字継手を模擬した小型供試体による疲労き裂の再現試験を行った。

2. 実験条件および供試体

表1に供試体の諸元を示す。板厚は12mmで、着目する溶接継手は板厚の1/3の開先をとった部分溶込溶接（PP継手）と、開先をとらないすみ肉溶接継手（すみ肉継手）の2種類とした。今回の実験では3溶接線交差部からのき裂発生を実験対象から除外したため、溶接線の始末端はスカラップ構造とした（図1,図2）。それぞれの継手について供試体を2体ずつ製作し、一方は圧縮フランジを模擬した実験（圧縮片振り, $R=0.19$ ）に、他方は引張フランジを模擬した実験（引張片振り, $R=0.19$ ）に使用した。供試体は溶接条件、組立順序、溶接順序を管理するだけでなく、すべての供試体を同じ溶接士によって施工した。

3. 実験結果

図3に供試体のFEM解析結果を示す。供試体の応力は均一に分布し、フランジおよびスカラップによる応力の乱れは認められない。図4,図5にPP継手の破面全景を示す。本実験ではき裂の開口を確認した時点で実験を終了し、強制的に継手を破断させ、破面観察を行った。このため疲労実験直後の供試体を炉中で加熱し、疲労き裂表面に酸化皮膜を形成して、疲労破面と強制破面とを区別した。き裂はルートから複数個発生し、溶接線方向に一樣に分布していた。また、圧縮片振りによるき裂破面のアスペクト比は小さく、深さ方向と幅方向のき裂進展速度比は圧縮片振りと引張片振りとは異なっていた。図6,図7,図8にC-1供試体（圧縮片振り）の表面MT,破面マクロ組織,SEM組織を示す。き裂開口幅は極めて狭く、目視による検出は困難であった。マクロ写真からはき裂はルートから発生した疲労き裂であると認められたが、本実験では破面観察によるき裂進展速度は求められなかった。図9にき裂開口前後のひずみ履歴を示す。開口き裂近傍のひずみ値はき裂の進展に伴う断面欠損によって一度上昇し、その後き裂の開口によって急激に減少した。本実験ではひずみの平均値が5%上昇した時点なき裂発生（ N_i ）、0になった時点のみかけの破断（ N_f' ）と定義し整理した。図10に各供試体の疲労試験結果を示す。PP継手の疲労強度は引張片振りと圧縮片振りとの間に優位差はなかった。しかし、すみ肉溶接においては引張片振りの疲労強度は圧縮片振りに比べ著しく低かった。これは引張継手の疲労強度に対するのど厚の影響が大きい事を示唆している。

4. まとめ

本報の結果を以下にまとめる。

- ・ 小型供試体を用いた実験により圧縮フランジ荷重伝達型十字継手のルート疲労き裂を再現した。
- ・ 深さ方向と幅方向のき裂進展速度比は、圧縮片振りと引張片振りとは異なった。
- ・ 部分溶込継手では引張片振りと圧縮片振りとの間に優位差はなかった。しかし、すみ肉溶接においては引張片振りの疲労強度は圧縮片振りに比べ著しく低かった。

キーワード 疲労実験, 疲労き裂, ルート破壊

連絡先 〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1番地 石川島播磨重工業（株） TEL 045-759-2812

表1 供試体諸元および実験条件

			T-1	C-1	FWT-1	FWC-1	
荷重条件	荷重状況		引張片振り	圧縮片振り	引張片振り	圧縮片振り	
	最大荷重	Pmax	kN	500	-500	500	-500
	最小荷重	Pmin	kN	100	-100	100	-100
	変動幅	Δ P	kN	400	-400	400	-400
寸法	フランジ幅	t _f	mm	150	150	150	150
	フランジ板厚	b _f	mm	12	12	12	12
	試験部幅	b	mm	240	240	240	240
	試験部板厚	t	mm	12	12	12	12
	ルート長	2a	mm	4	4	12	12
	不溶着率	2a / t		0.33	0.33	1.00	1.00
	公称応力	最大応力		MPa	77	-77	77
最小応力			MPa	15	-15	15	-15
応力振幅			MPa	62	-62	62	-62

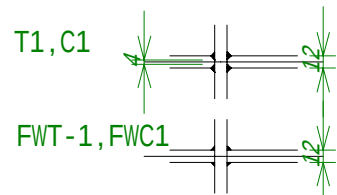


図1 着目継手部開先形状

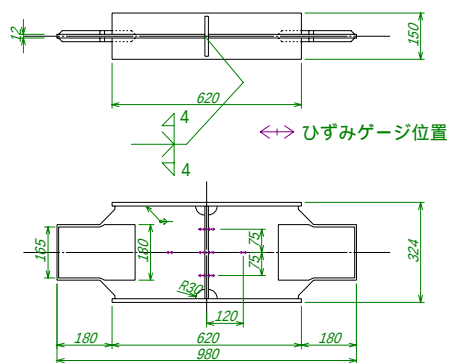


図2 供試体外形寸法

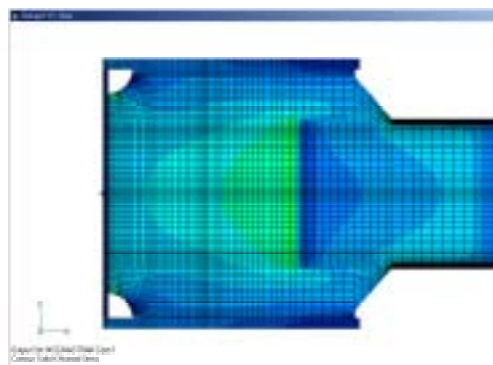


図3 FEMによる応力分布解析結果



図4 T1供試体破面外観

図5 C1供試体破面外観



図6 C1き裂表面MT検査

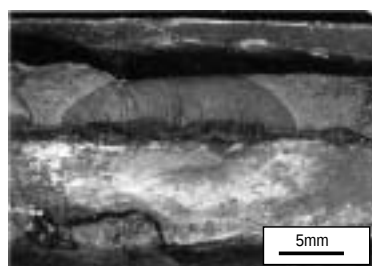


図7 C1破面マクロ組織

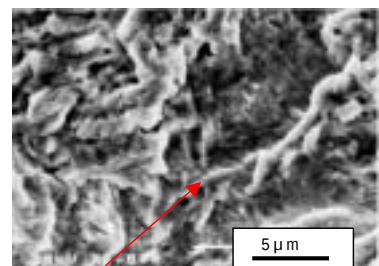


図8 C1破面SEM組織

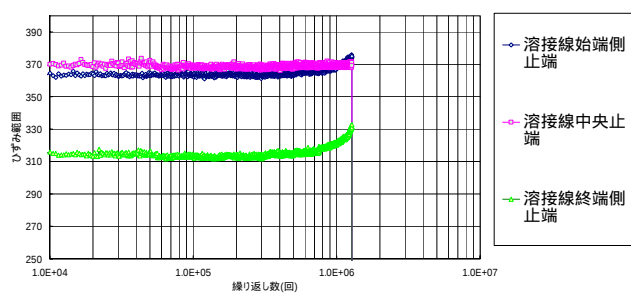


図9 C1供試体ひずみ履歴

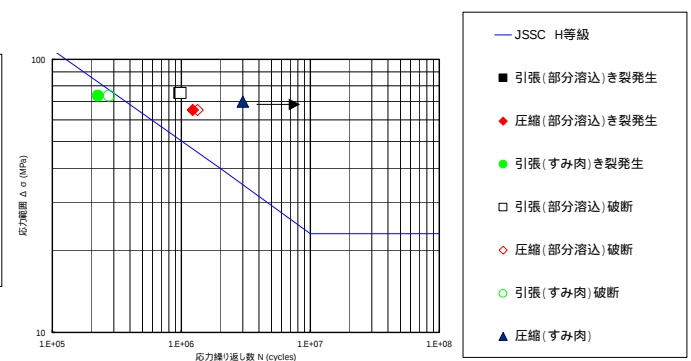


図10 疲労試験結果